



DIMENSIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE RECURSOS NA OPERAÇÃO DE ATENDIMENTO DE UMA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA USANDO SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

ALESSANDRO ANTONIO TAGLIARI FEBE - alefeba@hotmail.com
UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA - UNOESTE

FELIPE KESROUANI LEMOS - felipeklemos@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

ADRIANA CRISTINA CHERRI - adriana@fc.unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FC

SILVIO ALEXANDRE DE ARAUJO - saraujo@ibilce.unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - SJ RIO PRETO

Área: 6 - PESQUISA OPERACIONAL

Sub-Área: 6.4 - MODELAGEM, ANÁLISE E SIMULAÇÃO

Resumo: O SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO ESTÁ SOB CONSTANTE EXIGÊNCIA DE EFICIÊNCIA EM SUAS OPERAÇÕES, SEJA PELAS NORMAS REGULATÓRIAS DA ANEEL, SEJA PELA PRESSÃO DE RESULTADOS DOS ACIONISTAS. O OBJETIVO DESTES TRABALHOS FOI DESENVOLVER UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS E VEICULARES UTILIZADOS NA OPERAÇÃO DE ATENDIMENTO A CHAMADOS DOS CONSUMIDORES DE UMA EMPRESA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA. OS PRINCIPAIS PROCESSOS ENVOLVIDOS (RECEBIMENTO DE CHAMADOS, DESLOCAMENTO E OPERAÇÃO EM SI) FORAM MAPEADOS E DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS FORAM INFERIDAS DE ACORDO COM SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. UTILIZANDO SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL FOI CRIADA UMA FERRAMENTA PARA AVALIAR – EM TERMOS DE NÍVEL DE SERVIÇO – UMA DADA EQUIPE EM TERMOS DE QUANTIDADE E DISTRIBUIÇÃO NAS CIDADES SECCIONAIS. O MODELO FOI AVALIADO EM DIFERENTES REGRAS DE PRIORIZAÇÃO E FORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DAS EQUIPES. OS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS INDICAM QUE: (I) A PRIORIZAÇÃO POR DATA DE ENTREGA MAIS URGENTE (EDD) FOI FRANCAMENTE SUPERIOR À REGRA PRIMEIRO QUE ENTRA É O PRIMEIRO QUE SAI (FIFO); (II) A REALOCAÇÃO DE RECURSOS PARA SECCIONAIS COM MAIOR UTILIZAÇÃO POSSIBILITOU RESULTADOS MAIS INTERESSANTES EM TERMOS DE NÍVEIS DE SERVIÇO. O MÉTODO MOSTROU-SE INTERESSANTE PARA TAL AVALIAÇÃO E DIVERSOS EXPERIMENTOS PODEM SER REALIZADOS PARA NOVAS CONCLUSÕES.

Palavras-chaves: ALOCAÇÃO DE RECURSOS; DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS; SETOR ENERGÉTICO; SIMULAÇÃO; REGRAS DE PRIORIZAÇÃO

RESOURCE SIZING AND ALLOCATION ON ATTENDANCE OPERATION IN AN ELECTRIC ENERGY COMPANY USING COMPUTATIONAL SIMULATION

Abstract: THE BRAZILIAN ENERGETIC SECTOR IS UNDER CONSTANT DEMANDS OF EFFICIENCY OF ITS OPERATIONS, BECAUSE OF EITHER REGULATORY NORMS OF ANEEL OR STAKEHOLDERS' PRESSURES. THE OBJECTIVE OF THIS PAPER IS DEVELOPING ASSES THE SIZING AND ALLOCATION OF HHUMAN AND VEHICLE RESOURCES USED ON PUBLIC CALLS ATTENDANCE OPERATIONS ON AN ELECTRIC ENERGY COMPANY. THE MAIN PROCESSES INVOLVED (CALL RECEIVING, DISLOCATION AND ACTUAL OPERATION) WERE MAPPED AND STATISTICAL DISTRIBUTIONS WERE INFERRED ACCORDING TO PHYSICAL CHARACTERISTICS. USING COMPUTATIONAL SIMULATION, IT HAS BEEN CREATED A TOOL TO ASSES – SERVICE LEVELS MAINLY – A CERTAIN TEAM IN QUANTITY AND DISTRIBUTION ACROSS AVAILABLE CITIES. THE MODEL WAS ASSESSED IN DIFFERENT PRIORITY RULES AND TEAMS ALLOCATION. MAIN RESULTS INDICATE THAT: (I) THE PRIORITY RULE OF EARLIEST DUE DATE (EDD) WAS CLEARLY SUPERIOR TO FIRST IN-FIRST OUT RULE (FIFO); (II) THE ALLOCATION OF RESOURCE TO CITIES WITH HEAVIER UTILIZATION RESULTED IN MORE INTERESTING SERVICE LEVELS. THE METHOD PROVED TO BE INTERESTING TO SUCH ASSESSMENT AND NEW EXPERIMENTS CAN BE DONE TO FURTHER CONCLUSIONS.

Keyword: RESOURCES ALLOCATION; RESOURCES SIZING; ENERGETIC INDUSTRY; SIMULATION; PRIORITY RULES

1. Introdução

No contexto de ameaças de crises energéticas no Brasil, o setor de distribuição de energias elétrica é fiscalizado cada vez mais e de forma mais rigorosa, através de indicadores na Revisão Tarifária Periódica realizada a cada quatro anos (ANEEL, 2007). As empresas concessionárias buscam, portanto, imprimir eficiência em seus processos, de forma a atingir as metas estabelecidas e dilatar as margens.

Uma das dimensões a serem contempladas neste esforço é a alocação e dimensionamento de trabalho, seja de recursos humanos ou de produção. Os fatores que influenciam essa tomada de decisão são múltiplos, tais como contexto econômico e comercial, aspectos sociais e demográficos, produção e sua organização, aspectos técnicos, limitações orçamentárias e leis reguladoras (MELLO et al., 2011).

O presente trabalho desenvolveu-se em uma concessionária de distribuição de energia elétrica brasileira, buscando responder ao questionamento de como deve ser o processo decisório de dimensionamento e alocação física de recursos para atender às demandas de chamados de manutenção da rede controlada por esta. Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um método de avaliação da quantidade e distribuição de um conjunto de recursos humanos e de produção em uma malha de cidades atendidas.

Para isto, é proposto um modelo de simulação, que tem como característica imitar o comportamento de um dado sistema de produção e estimar seus resultados (TAHA, 2008). Desta forma, é possível avaliar os níveis de serviço possíveis dada uma equipe e um conjunto de veículos disponíveis (dimensionamento), distribuídos nas cidades atendidas (alocação).

Este trabalho está organizado em seis sessões, incluindo esta introdução que propõe o problema de pesquisa a ser estudado. Na sessão dois será feita uma revisão de tópicos da literatura relacionados ao trabalho. O método será apresentado na sessão três, seguidos dos resultados obtidos na sessão quatro. Os pontos de destaque dos resultados e suas implicações gerenciais serão discutidos na sessão cinco, seguidos de uma conclusão na sexta sessão que encerra o trabalho.

2. Revisão da literatura

A revisão proposta está subdividida em dois principais tópicos: o tema de simulação, que é concernente ao método escolhido para análise do problema; e o problema de dimensionamento e alocação de recursos, diretamente relacionado ao tema em análise.

2.1. Simulação

Um modelo é uma representação simplificada de um dado sistema com o intuito de analisar e propor intervenções neste (FREITA FILHO, 2001). Um modelo de simulação faz essa simplificação através de uma imitação da realidade desenvolvida em linguagem computacional (TAHA, 2008). Sua aplicação possui uma diversidade grande de possibilidades, dentre as quais os sistemas de transporte, armazenagem e prestação de serviço (SCHAPPO, 2006), sendo este último objeto deste trabalho.

A vantagem da utilização da simulação é permitir a manipulação de variáveis do sistema – por vezes inviáveis para fins de testes na realidade – e avaliação de suas consequências. Dentre as maiores justificativas para seu uso estão os casos de intervenção muito onerosa; realidades muito complexas com dificuldade de descrição analítica por equações matemáticas; ou casos em que a solução matemática é de difícil obtenção (ANDRADE, 2009).

A simulação pode ser dividida em computacional e não computacional de acordo com o instrumento utilizado para modelar o sistema estudado (CHWIF, 2010). Neste trabalho, a primeira é utilizada.

Modelos de simulação podem ser classificados segundo a representação do sistema analisado como estáticos (não existe a utilização da variável tempo) ou dinâmicos (o tempo é modelado); segundo o comportamento das entidades envolvidas como determinísticos (valores de entrada conhecidos e determinados) ou probabilísticos (valores de entrada obtidos através da geração de valores seguindo uma distribuição estatística); ou ainda, podem ser discretos (estados do sistema variam em instantes determinados) ou contínuos (estados variam continuamente), segundo a forma de tratar o tempo no modelo (CHWIF; MEDINA, 2006).

Alguns elementos importantes em um estudo de simulação são: (i) eventos, que são ocorrências em dados momentos, provando uma mudança de estado no sistema; (ii) entidades, que são os elementos participantes da simulação, objetos cujas características quer-se analisar; (iii) processos, que são as transformações às quais as entidades são submetidas ao longo da simulação; e (iv) variáveis de estado, que são características ou atributos das entidades que são importantes de se medir ou registrar para verificar como evolui a simulação (SAKURADA; MIYAKE, 2009).

Embora não haja necessariamente um conjunto de passos para um estudo de simulação, uma possível proposta de organização pode ser: identificação do problema; formulação do problema; coleta e processamento de dados; formulação e desenvolvimento de

um modelo; validação do modelo; documentação; seleção do projeto experimental; estabelecimento de condições experimentais; execução das simulações; e, por fim, interpretação e apresentação dos resultados (CORREIA et al., 2012).

2.2. Alocação e dimensionamento de recursos

Os problemas de alocação e dimensionamento de recursos estão relacionados à atribuição e distribuição destes entre tarefas ou atividades a serem realizadas (ANDRADE, 2009).

A aplicabilidade deste tipo de estudo não é restrita a uma única área ou indústria. Volpi et al. (2008), por exemplo, utilizam do auxílio de simulação computacional para dimensionar o número de equipes e os turnos de trabalho em cada região de serviço de uma companhia de distribuição de energia com o objetivo de otimizar o número de equipes, sua jornada de trabalho e os respectivos locais de atuação. Da mesma forma, Steiner et al. (2006) realizam estudos de otimização de atendimento aos usuários de uma rede de distribuição de energia elétrica.

Complementarmente, Zaffalon, Maçada e Becker (2005) aplicaram escalonamento da mão de obra em uma empresa do ramo de telecomunicações. Como resultados, analisaram o comportamento da demanda e a minimização do número de horas-homem necessário para satisfazer a demanda horária ao longo da semana de trabalho.

Aoki et al. (2003), a partir do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Companhia Energética de Brasília (CEB), desenvolveram uma metodologia para determinar a “melhor” viatura e o “melhor” caminho que este deve efetuar para atender a uma ocorrência na rede de distribuição de energia elétrica.

Cavenaghi (2009) propõe um modelo aplicado às características de uma empresa de engenharia que atende às demandas de manutenção de uma empresa do setor de telefonia móvel. O modelo desenvolvido buscou melhorias nos custos da operação, através da localização de bases de atendimento e alocação de equipes de manutenção, conforme os pontos de demanda.

3. Método

O presente trabalho foi desenvolvido com base em dados coletados entre os meses de agosto e dezembro do ano de 2015 em uma concessionária de distribuição de energia elétrica brasileira. Foram obtidos dados de todos os chamados de serviços executados entre

29/12/2014 e 29/12/2015, numa base que totalizou 136.150 ocorrências de diversas naturezas. O processo de abertura dos serviços se dá a partir da solicitação de um cliente através do site da empresa ou telefone.

A partir do contato é gerada uma Ordem de Serviço de acordo com a sua especificidade e esta é transferida, via recurso de informática, à mesa de distribuição. A mesa de distribuição de serviços repassa às equipes em campo, de acordo com a região, o lugar e o local em que estão ou poderão estar. O fluxo para o atendimento dos chamados é apresentado na Figura 3.1.

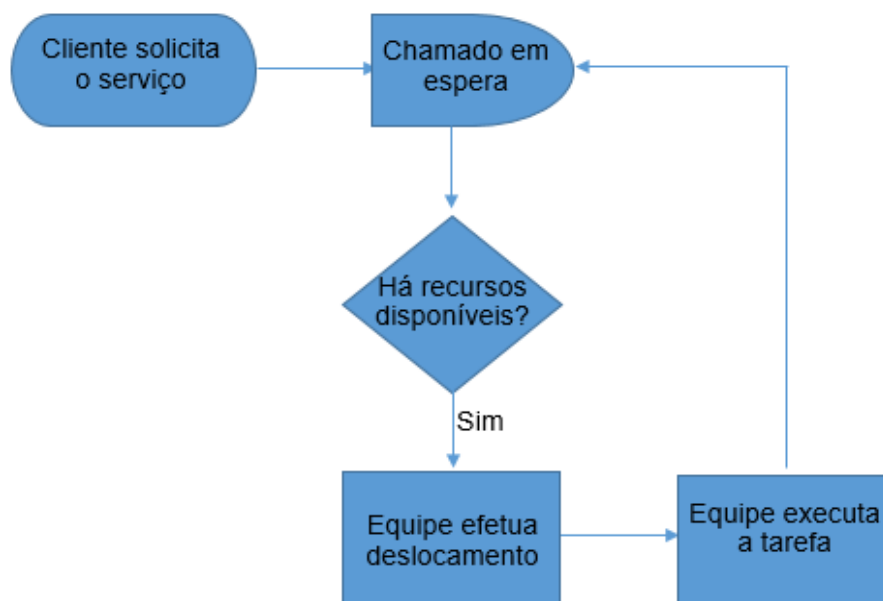


FIGURA 3.1. Processo de atendimento dos chamados

Conforme ilustrado na Figura 3.1, após aberto o chamado, este vai para o sistema e fica aguardando para ser transferido a uma equipe para execução. Caso determinada equipe de trabalho possua os recursos necessários (quantidade de eletricitista e veículo adequado) para a execução, iniciará o deslocamento até chegar ao local para executar a tarefa. Após efetuada a tarefa, a equipe volta a ficar disponível para atender outro chamado em espera.

A base de dados coletada inclui, para cada chamado, o tipo de serviço requerido, o local do chamado, data e horário, tempo e distância percorridas e o tempo de execução do serviço em si. Das 136.150 ocorrências, apenas 615 foram descartadas por falta de apontamentos adequados.

As localidades abarcadas pela concessionárias são 37, sendo 24 municípios e 13 distritos. Uma base de distâncias entre cada uma das 37 localidades foi construída. Além disso, foram levantadas as pertinências por Seccional (12 localidades) e por Polos (4

localidades). Os Polos são macrorregiões onde estão vinculadas a seccional e suas respectivas localidades. Nas cidades Polo, as cidades seccionais têm locados os recursos para atender as localidades menores.

Os tipos de chamados originalmente eram 61, entretanto estes foram agrupados em 17 famílias, de acordo com a similaridade de recursos humanos, de veículos requeridos e de prazos de execução regulamentados. Assim, tipos de chamados que requerem a mesma quantidade de pessoas e veículos foram agrupados.

Os veículos disponíveis são motos, veículos pequenos e veículos médios. Importante ressaltar que um veículo maior pode substituir um menor, mas não o contrário. Já os recursos humanos são todos eletricitas, diferindo apenas pelos turnos de trabalho. Foram considerados cinco turnos distintos, todos de 10 horas com 2 horas de intervalo ao meio, diferindo pelo horário de início.

Em síntese, se considerada a existência de 37 localidades, 2 ambientes (rural e urbano), 17 famílias de chamados, 12 meses no ano, 24 horas no dia e 7 dias na semana, há 2.536.128 combinações, para as quais houve chamados em apenas 57.967 delas (2,2%). Percebe-se que a representatividade de todas essas combinações tornou-se muito baixa em relação ao total de chamados. Dessa forma, foi realizada uma simplificação dos processos de chegada, tornando mais acessível as combinações a partir de grupos homogêneos, da seguinte forma: 37 localidades, 2 ambientes, 17 famílias de chamados, 2 épocas do ano (chuvoso e estiagem), 4 horários do dia (madrugada, manhã, tarde e noite) e 2 tipos de dias de semana (dias úteis e final de semana), para os quais há dados em 5.055 (25,1%), do total de 20.128 combinações. As representações gráficas e as interpretações desses dados estão explicitadas na Figura 3.2.

Os processos a serem representados no modelo de simulação, seguindo a lógica da Figura 3.1 foram:

- Distribuição estatística das ocorrências de chamados: calculou-se um fator λ , que foi a média de ocorrências de um dado tipo de chamado em um dado período. Para sua representação utilizou-se uma distribuição exponencial com o λ calculado;
- Geração do tempo de deslocamento de ida e retorno: utilizou-se uma distribuição normal (truncada para valores positivos) de acordo com as faixas de deslocamento, sendo elas deslocamentos até 10 km (velocidade média de 20,5 km/h e desvio

padrão de 10,7); acima de 100 km (velocidade média de 69,6 km/h e desvio padrão de 3,6); e entre 10 e 100 km (velocidade média de 46,9 km/h e desvio padrão de 16,6);

- Geração do tempo de execução do serviço: utilizou-se uma distribuição triangular com base no histórico da base de dados, utilizando a mediana como moda; o quartil inferior como mínimo e o quartil superior como máximo.

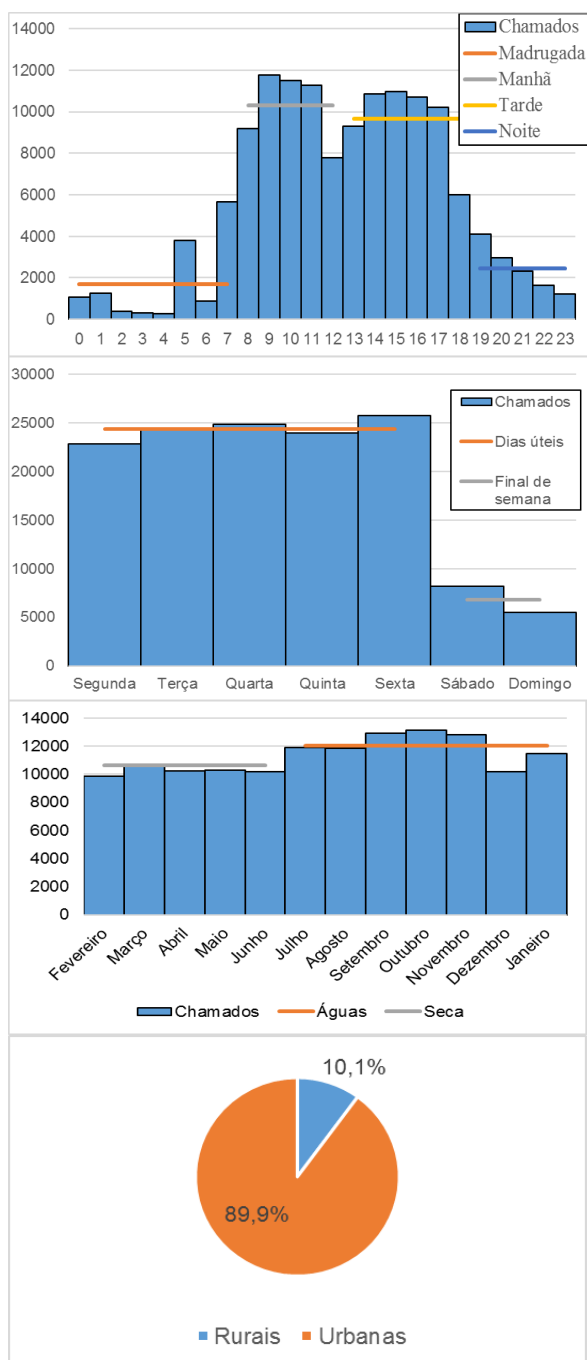


FIGURA 3.2. Gráficos de análise de grupos homogêneos de ocorrências

4. Resultados

A simulação foi programada utilizando como linguagem o *Visual Basic for Applications* (VBA). A geração dos eventos foi feita através de números aleatórios associados às respectivas funções de probabilidades descritas anteriormente e seus respectivos tratamentos (alocação de recursos quando disponíveis na própria localidade, seccional ou polo) foram feitos por relações lógicas de acordo com os recursos disponíveis e ocupados em cada instante.

O plano experimental contou com três cenários:

- Cenário 0 (base): equipe e veículos atuais, utilização de regra de atendimento FIFO (*first-in, first-out*);
- Cenário 1 (alternativa de priorização): equipe e veículos atuais, utilização de regra de atendimento EDD (*earliest due date*);
- Cenário 2 (alternativa de priorização e realocação): equipe e veículos atuais redistribuídos entre as seccionais, utilização de regra de atendimento EDD (*earliest due date*).

Como dado de entrada para cada cenário analisado, os colaboradores disponíveis por seccionais foram divididos de acordo com os horários de trabalho, sendo esses: Plantão 1, Plantão 2, Comercial, Plantão 3 e Plantão 4. No total são distribuídos 129 eletricitistas nas 12 seccionais. A quantidade de veículos de cada tipo também foi um dado de entrada do modelo. A empresa disponibiliza 2 motos, 12 veículos leves e 31 veículos médios para o atendimento dos chamados.

Colaboradores	1	2	3	4	5	Veículos	1	2	3
Local	Plantão 1	Plantão 2	Comercial	Plantão 3	Plantão 4	Local	Motos	Leve	Médio
Cidade 1	6	13	15	6	6	Cidade 1	2	7	8
Cidade 2		7				Cidade 2			2
Cidade 3		8				Cidade 3			2
Cidade 4		7				Cidade 4			3
Cidade 5		4				Cidade 5			1
Cidade 6		5	6			Cidade 6		1	2
Cidade 7		4	5			Cidade 7			3
Cidade 8		4	5			Cidade 8		1	3
Cidade 9		6	6			Cidade 9		2	3
Cidade 10		8				Cidade 10		1	2
Cidade 11		4				Cidade 11			1
Cidade 12		4				Cidade 12			1

FIGURA 4.1. Exemplo de *input* do modelo de simulação

No cenário 0 foi feita a simulação da regra de sequenciamento denominada *First In, First Out* (FIFO), ou seja, o primeiro chamado a entrar é o primeiro a sair (PEPS). Assim, os chamados abertos e os atendimentos por esta regra de sequenciamento tendem a não demorem

para ser executados.

A Figura 4.2 mostra os resultados da simulação de tempos e nível de atendimento utilizando-se a regra de sequenciamento FIFO. O tempo médio de atendimento das equipes é de 20,5 minutos. O tempo médio de deslocamento para execução das atividades (rural e urbano) é de 45,62 minutos. O tempo médio para o início do atendimento é de 18,93 minutos. Já o nível de atendimento ficou em 71,7%, que representa a relação entre as solicitações de serviços atendidas no prazo e o total de solicitações recebidas no período. A taxa de ocupação das equipes de trabalho e dos veículos indicam o percentual do tempo disponível que está sendo efetivamente ocupado.

A Figura 4.3 apresenta os resultados da simulação dos tempos de atendimento, deslocamento e de início do atendimento, bem como o nível de atendimento, utilizando a regra de sequenciamento denominado EDD, ainda com a mesma equipe inicial. Neste caso, a priorização dos atendimentos ocorre pelo prazo mais urgente.

Tempo médio de atendimento	20,50 min
Tempo médio de deslocamento	45,62 min
Tempo médio para início do atendimento	18,93 dias
Nível de atendimento	71,7%

Ocupação dos recursos	Pessoas	Veículos	Nível de serviço
Cidade 1	77,6%	88,3%	71,4%
Cidade 2	81,7%	72,4%	50,0%
Cidade 3	61,6%	90,5%	97,0%
Cidade 4	86,3%	78,4%	50,0%
Cidade 5	66,7%	50,4%	50,0%
Cidade 6	59,0%	99,4%	83,0%
Cidade 7	54,0%	90,6%	50,0%
Cidade 8	69,2%	99,4%	72,0%
Cidade 9	96,9%	38,1%	60,0%
Cidade 10	60,7%	61,4%	91,0%
Cidade 11	73,9%	55,3%	88,0%
Cidade 12	58,6%	43,6%	75,0%

FIGURA 4.2. Resultados da simulação no cenário 0

Como pode ser visualizado na Figura 4.3, o tempo médio de atendimento dos chamados é de 21,25 minutos, pela regra de sequenciamento EDD. O tempo médio de deslocamento para execução das atividades (rural e urbano) é de 45,12 minutos. O tempo médio para o início do atendimento é de 6,20 minutos. Quanto ao nível de atendimento, resultou-se em uma taxa de 89,7%.

Tempo médio de atendimento	21,25 min
Tempo médio de deslocamento	45,12 min
Tempo médio para início do atendimento	6,20 dias
Nível de atendimento	89,7%

Ocupação dos recursos	Pessoas	Veículos	Nível de serviço
Cidade 1	40,5%	70,7%	88,8%
Cidade 2	36,4%	45,1%	84,8%
Cidade 3	32,8%	48,7%	93,4%
Cidade 4	58,1%	59,7%	91,4%
Cidade 5	29,3%	21,4%	82,1%
Cidade 6	32,0%	57,4%	86,7%
Cidade 7	25,3%	42,9%	88,6%
Cidade 8	38,2%	62,1%	80,8%
Cidade 9	51,1%	83,8%	89,4%
Cidade 10	31,2%	41,4%	83,3%
Cidade 11	28,8%	23,3%	80,9%
Cidade 12	27,9%	21,5%	94,0%

FIGURA 4.3. Resultados da simulação no cenário 1

A partir da alteração de parâmetros, o processo de simulação dos dados pode apresentar diferentes cenários, utilizando-se da mesma regra de sequenciamento, adequando o modelo à realidade e embasando o processo de tomada de decisão. O Cenário 2 apresenta o resultado de uma mudança na composição dos parâmetros, utilizando-se, ainda, da regra de sequenciamento EDD. Neste cenário, realocou-se recursos de uma localidade para outras duas. Foram realocados 1 veículo médio e um plantonista 2 para Álvares Machado e também para Presidente Epitácio, todos tirados de Presidente Prudente. O motivo da escolha foi que as localidades de Álvares Machado e Presidente Epitácio apresentaram resultados de taxa de ocupação dos recursos mais apertados (taxa de ocupação maior), comparados aos demais, no Cenário 2.

A Figura 4.4 indica os resultados após a realocação de recursos realizada neste cenário para implementar a simulação pelo sequenciamento EDD. Novamente, são apresentados os resultados da simulação dos tempos de atendimento, deslocamento e de início do atendimento, bem como o nível de atendimento, com recursos realocados.

Como pode ser visualizado na Figura 4.4, o tempo médio de atendimento dos chamados é de 20,3 minutos, o tempo médio de deslocamento para execução das atividades (rural e urbano) é de 45,91 minutos, o tempo médio para o início do atendimento é de 6,64 minutos, já o nível de atendimento, resultou-se em uma taxa de 97,4%.

Tempo médio de atendimento	20,30 min
Tempo médio de deslocamento	45,91 min
Tempo médio para início do atendimento	6,64 dias
Nível de atendimento	97,4%

Ocupação dos recursos	Pessoas	Veículos	Nível de serviço
P. Prudente	42,5%	89,7%	97,2%
Martinópolis	43,6%	54,0%	94,6%
R. Feijó	33,8%	48,0%	95,1%
A. Machado	46,6%	61,1%	90,5%
P. Bernardes	26,6%	20,0%	96,7%
P. Venceslau	31,0%	47,3%	90,9%
Adamantina	28,3%	50,2%	100,0%
Osvaldo Cruz	36,1%	55,1%	96,6%
P. Eptácio	42,2%	78,6%	94,7%
S. Anastácio	28,7%	38,7%	93,3%
Lucélia	34,0%	26,5%	97,6%
Parapuã	27,5%	20,2%	95,8%

FIGURA 4.4. Resultados da simulação no cenário 2

5. Discussão

A partir da exposição dos três cenários de simulação, sendo o primeiro utilizando a regra de sequenciamento de recursos FIFO, o segundo pela EDD dados atuais (Figuras 4.2 e 4.3) e o terceiro pela EDD com recursos realocados (Figura 4.4) é possível concluir que a EDD com recursos realocados apresentou os melhores resultados para a alocação de recursos e nível de atendimento.

A simulação pelo sequenciamento FIFO, com dados atuais (Figura 4.2) foi a que apresentou os piores resultados para a alocação dos recursos, comparando-se os três cenários. Pode-se perceber que o resultado do segundo apresenta um nível de serviço 25% maior em relação ao primeiro, ou seja, as equipes podem ser mais produtivas.

Esses resultados demonstram a importância do planejamento operacional atrelado à gestão dos recursos disponíveis: a simples mudança de uma regra de sequenciamento no atendimento de pedido foi responsável pelo aumento de mais de 17 pontos percentuais no nível de serviço simulado da empresa.

Comparando-se os resultados sem realocações, pode-se ainda concluir que ao utilizar o sequenciamento EDD houve melhoras significativas na taxa de ocupação, que passou de 70,50% para 35,98% para pessoas e de 72,32% para 48,16% em veículos, ou seja, os recursos foram menos utilizados e, mesmo assim o nível de serviço passou de 69,79% para 87,02%, na média. Isso é um provável reflexo de menores tempos de deslocamento.

Pode-se afirmar, ainda, que se utilizando da mesma regra de sequenciamento foi possível melhorar ainda mais a alocação e o dimensionamento de recursos. Nesse contexto, com o mesmo número total de veículo e funcionários houve melhora do nível de serviço de 87,02% para 95,26%, na média geral.

Importante salientar aqui que não haveria necessidade de novas contratações por parte da empresa neste cenário desejado, apenas uma melhor redistribuição dos recursos disponíveis, levando em conta o resultado evidenciado pelos resultados do modelo.

Mais do que os resultados obtidos por si só, o modelo construído pode ser considerado uma rica ferramenta de análise no suporte à decisão para o dimensionamento de recursos da empresa. Através dos resultados é possível prever o nível de atendimento obtido com uma determinada equipe, verificar o nível de utilização dos recursos e fazer exercícios de realocação de pessoas e veículos, de forma a buscar melhores resultados. Os resultados da simulação comprovam que, dependendo das regras de sequenciamento utilizadas e como são feitas a alocação e o dimensionamento de recursos, a taxa de ocupação e o nível de serviço podem ser otimizados. São, desse modo, importantes ferramentas para a tomada de decisões gerenciais.

6. Conclusão

Tendo em vista a busca contínua das empresas distribuidoras de energia elétrica na melhoria de seus indicadores para a continuidade dos serviços e a confiabilidade dos clientes, bem como o anseio para melhorar a relação custo-benefício dos seus investimentos, a pesquisa contribuiu com um modelo simulado utilizando-se de regras de sequenciamento FIFO e EDD, que se mostrou eficiente para a otimização da alocação e do dimensionamento de recursos (pessoas e veículos) para o atendimento mais eficiente dos chamados.

Os dados foram categorizados quanto a tipos de serviços, tipos e quantidades de recursos, prazos de acordo com a Aneel, quantidade de serviços por localidade, distribuição dos serviços em área urbana e rural, chamados por época do ano, por dia da semana e por períodos do dia. De posse dos dados foi elaborada uma modelagem computacional através de um modelo de simulação computacional em linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA).

Com esse modelo, a partir da abordagem das regras de sequenciamento FIFO e EDD, foi possível criar três cenários diferentes para a taxa de ocupação dos recursos e níveis de atendimento e de serviço, sendo que a EDD se mostrou mais eficiente. A partir da aplicação do modelo, no Cenário 2, com realocação de recursos, obteve-se um resultado ainda melhor se

comparado ao EDD com informações atuais do banco de dados. Esse fato mostra que há espaço para realizar a realocação dos recursos a partir da necessidade e da análise gerencial.

O modelo elaborado mostrou-se, portanto, eficiente na alocação e dimensionamento de recursos em empresas de distribuição de energia elétrica. Assim, a pesquisa atingiu os objetivos propostos e poderá servir de base para possíveis processos de tomada de decisões.

Como oportunidades de melhoria estão a questão da simplificação de alguns parâmetros reais para desenvolver um modelo de simulação. Apesar de o banco de dados ser de um recorte anual (2015), contendo mais de 135 mil serviços, seria interessante expandir o período da coleta de dados para que as simulações estejam mais próximas da realidade, já que pode haver melhoria ou piora nos parâmetros com o tempo. É sabido que 2015 não foi típico em termos de chuvas, o que pode trazer confundidores nas conclusões.

Como a programação tornou-se extensa devido à diversificação dos parâmetros estudados, a simulação foi aplicada apenas uma vez para apresentar os resultados discutidos, pois o tempo para a rodada da simulação e apresentação dos resultados passou de uma hora. Dessa forma, seria interessante realizar novas rodadas com um número maior de repetições para dar validade estatística aos resultados. Além disso, novos cenários de alocações de recursos podem ser criados em estudos futuros, assim como a avaliação da abertura de novas seccionais.

Referências

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Perguntas e respostas sobre tarifas das distribuidoras de energia elétrica**. 2007. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/perguntas_e_respostas.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2016.
- AOKI, A. R. et al. Sistema multi-agente para o atendimento de ocorrências na rede de distribuição de energia elétrica. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE**, 6, 2003, Bauru – SP. Anais do 6º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Bauru: Sociedade Brasileira de Automática, 2003. p. 1049-1054.
- CAVENAGHI, Rodrigo. **Estudo da localização de equipes de manutenção**. 2009. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.
- CHWIF, Leonardo. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora do Autor, 2010.
- CHWIF, L; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. São Paulo: Bravarte, 2006.
- CORREIA, R. R.; FARIAS, H. C. A. F.; LIMA, A. B. A.; MEDEIROS, S. N. M. Simulação do fluxo de ônibus

no terminal de integração do Varadouro: um estudo computacional. In: XXXII **Encontro Nacional de Engenharia de Produção** (ENEGEP), 2012, Bento Gonçalves.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2001.

MELLO, Adriana Marotti de; MARX, Roberto; ZILBOVICIUS, Mauro. Work Allocation in Complex Production Processes: A Methodology for Decision Support. 2011. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v.2. Fundação Getúlio Vargas. p. 43 – 55.

SAKURADA, N. e MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão e produção**. São Carlos, ano 2009, v. 16, n. 1, Jan./Mar. 2009.

SCHAPPO, Adriano José. **Um Método Utilizando Simulação Discreta e Projeto Experimental para Avaliar o Fluxo na Manufatura Enxuta**. 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC, Florianópolis – SC.

STEINER, Maria Teresinha Arns et al. Técnicas da pesquisa operacional aplicadas à logística de atendimento aos usuários de uma rede de distribuição de energia elétrica. Curitiba – PR: **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 3, 2006. p. 229-243.

TAHA, Hamdy Abdelaziz. **Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

VOLPI, Neide Maria Patias et al. Logística de atendimento aos usuários de energia elétrica via simulação. Rio de Janeiro: **ENEGEP**, 2008.

ZAFFALON, Raquel Giglio; MAÇADA, Antonio Carlos Gastaud; BECKER, João Luiz. Dimensionamento de equipes: empresa prestadora de serviços na área de telecomunicações. Gramado – RS: **SBPO**, 2005.